

水耕ネギ栽培システムにおける Y 型トレイと定植兼収穫作業台のデザイン開発

橋本晃司, 岡野 仁, 中村幸司, 横山詔常, 古川 昇, 越智資泰^{*1}

Development of Y Type Tray and Worktable for Transplanted and Harvested in Welsh Onion in Hydroponic Culture System

HASHIMOTO Koji, OKANO Hitoshi, NAKAMURA Koji, YOKOYAMA Noritsune, FURUKAWA Noboru and OCHI Tomoyasu^{*1}

Y type tray with easy dividing of the welsch onion, the tray, and the medium was developed from the pulling out examination and use the rapid prototype. In the following, the transplant and the harvest worktable that had the root cut off mechanism to do the dividing work efficiently were made for trial purposes. In this developing, welsch onion aquatically cultivation system with synchronization was able to be constructed by having introduced the verification method by the card analysis and 1/4 models.

ラピッドプロトタイプによるモデル製作とそれを用いたトレイによる引抜き試験から、ネギとトレイおよび培地の分別が容易な Y 型トレイを開発した。次に分別作業を効率的に行うための根切り機構を有する、定植兼収穫作業台を試作した。開発において、カード分析や 1/4 モデルによる検証方法を導入したことにより、連動性のある水耕ネギ栽培システムを構築することができた。

キーワード：ラピッドプロトタイプ、引抜き試験、株元肥大、定植兼収穫作業台、カード分析、1/4 モデル

1. 緒 言

水耕ネギの定植は、通路を移動しながら、栽培ベッド上に配置された定植パネルに 1 株ずつ行われ、収穫も同様に移動しながら 1 株ずつ行われるため、長時間を要し、効率も悪い。本研究では、作業者が移動をせずに定植や収穫が可能な水耕ネギ栽培システムの開発を目指す。はじめに条播きトレイの開発を行い、次に根切り位置によるトレイとネギの効率的な分離方法を引き抜き試験から導き出し、この結果を設計に反映した定植兼収穫作業台の開発を行った。

2. 条播きトレイの開発

2.1 形状試作

水耕ネギ栽培システムでは、再使用可能な鉱物由来培地を入れたトレイがウレタン培地の代わりになる。トレイは、定植・収穫作業の効率性を考慮した条播きトレイとし、側面を樹脂成型、底をネット状の格子にし、根が貫通できるような構造とする。

平成 16～18 年度農林水産省

先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託事業

2006.7.28 受理 産業デザイン部

*1 広島県立農業技術センター野菜栽培研究部

このトレイを使用することで、1 株ずつ行っていた定植における押し込み動作や、収穫での引き抜き動作において手数の減少が考えられる。

トレイ開発では、1 個単位で形状の異なるトレイの試作を行い、形状や格子サイズによるネギの生育状況の違いを観察する必要があった。このため、小ロット多種製作を効率よく行うことができる三次元 CAD (Solid Works Solid Works2006) とラピッドプロトタイピング (Stratasys. Inc. FDM2000) (以下 RP) を活用した。

一、二次試作を経て図 1 に示す形状の三次試作トレイとなった。このトレイについて、底の格子を 8mm, 4mm, 2mm 角と異なる 3 種を RP 試作して発芽実験を行い、4mm 角としたトレイが発芽に適することを確認した。

2.2 三次試作トレイの引抜き試験

三次試作トレイを用いた場合の、定植パネルからトレイを取り出す力と、トレイからネギを引抜く力を測定し、開発したトレイ形状の有用性を試験した。試験ではロー

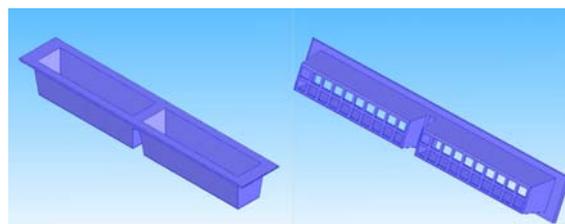


図 1 三次試作トレイ三次元 CAD 図

ドセル (NEC 三栄 9E01-L33-100K) , データロガー (共和電業 RDM-200A)を用いて計測を行った。定植パネルからトレイを取り出す力は、写真1のようにネギ19~20個体が植えられているトレイに紐をかけ、ロードセルにつないで測定した。トレイからネギを引抜く力は、写真2のようにトレイの縁3箇所に紐をかけて下部にロードセルをつなぎ、ネギだけを上に引抜く方法をとった。



写真1 定植パネルからトレイを取り出す力の計測

写真2 トレイからネギを引抜く力の計測

この結果、定植パネルからトレイを取り出す力は18~24Nであり、トレイから体の重心までの距離や腕肘の角度に注意した作業姿勢にすれば問題のない力で行えると判断した。

三次試作トレイからネギを引抜く力は表1に示すように、種の播き位置を下にした場合は16個体で138N、30個体で173Nであった。同条件でトレイ下の根を切断した場合は16個体で61N、30個体で63Nと1/2程度の力で行えることが分かり、トレイとネギの分離回収においてトレイ底の根切りを行う機構が必要であると判断した。しかし、トレイからネギを引抜く作業として59N毎の作業は大きな負担であり、改善点を検討したところ、図2で示すようなネギの株元肥大により、トレイ側面が圧迫されて強い力が働いていることが分かった。

表1 三次試作トレイからのネギ引抜き力計測結果

種播き数	ネギ引抜き力 (N)	
	根切り無し	根切り有
16 個体	138	61
30 個体	173	63

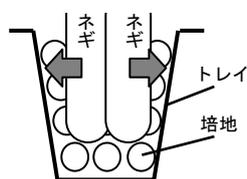


図2 株元の圧迫

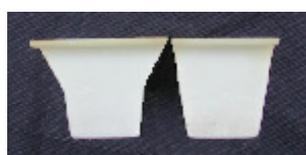


写真3 Y型トレイ

2.3 Y型トレイへの改善

条播きトレイ内の発泡レンガ粒層を厚くしてネギの種播き位置を上に変更して抜けやすくすることや、トレイの側面に角度をつけて株元への圧迫を軽減することを考え、写真3に示すようなY型トレイを試作した。そして、

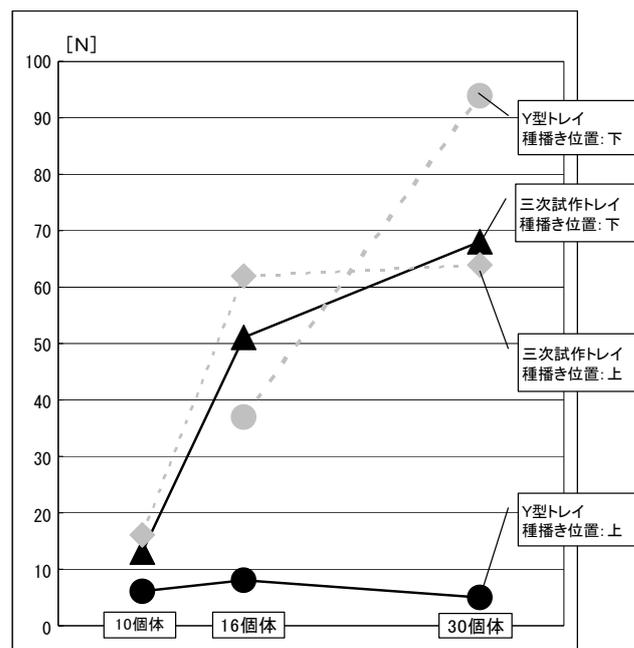


図3 根切り後のY型トレイと三次試作トレイでの形状・種播き位置・個体数の違いによる引抜き力の計測

三次試作トレイとY型トレイについて、それぞれ根を切った状態で、種播き位置の上下と個体数を変化させてネギを引抜く力の計測を行った。試験はネギの成長に合わせて3日行ったが、ネギの成長が気候・天候などの条件によって異なり、各回を同列において比較できなかったことや、厳密には個体差の影響も大きいことから、検討は中央値を採用した。

この結果、図3に示すように、「Y型トレイ 種播き位置：上」の条件で行えば、10個体で6N、16個体で8N、30個体でも5Nと9.8N以下の力で可能であることを確認した。このことから種播き位置を高くすることや、Y型トレイの採用、またこのトレイのための根切り機構を有する作業台を設計することを決めた。

3. 作業分析および作業シミュレーション

3.1 新システムの仮想シミュレーション

定植兼収穫作業の開発では、設計の前に水耕栽培システムで起こりうる利点、問題点の抽出を時系列に沿ってカードに描きだす独自の分析を行った。慣行式に対して手数や作業動線の減少は明らかであるが¹⁾、新しい水耕ネギ栽培システムで生じる、トレイの準備や回収手順、育苗箱の置き場所、収穫後のネギの搬送方法など、連動性がなければ非効率になり、またむやみに機具・用具が増えて使用者の混乱やコストアップが生じることが考えられ、これらの機具が現出しない状態で、仮想的にシミュレーションを試みる必要があった。このカード分析に沿って、新しい水耕栽培システムで必要とする各機具をデザインし、その使用場面から片付け場所まで、連動性を図

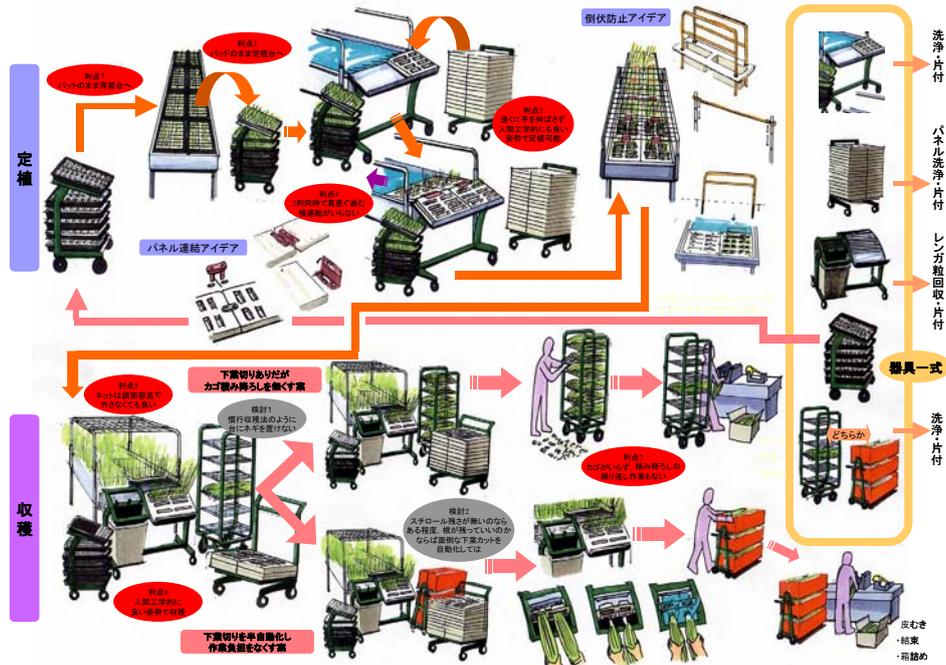


図4 栽培システムにおける機具の効率的な配置

4のように系統立てて分析した。この分析から、育苗箱の搬送台、定植時の補助台的役割、収穫時の根切り作業および分別回収、根切り後のネギの置き場という、機具を必要とするシーンを抽出し、これらを別個の機具ではなく、1台の機具で行えることでマルチプルかつ円滑に作業可能に考えたのが定植兼収穫作業台である。

3.2 定植兼収穫作業台のデザイン案

次にベッド水槽への定植パネルの送出し、回収方法について12のデザイン案を検討した。その後、根切り分別方法の異なるA案、B案(写真4)を1/4モデルで検討し、ネギを置く際の手首負担や作業スペースの効率性からA案を採用した。

3.3 作業シミュレーション

続いてA案1/4モデルでの育苗運搬から定植、収穫までの作業シミュレーションを行った。

図5に示すように、まず定植兼収穫作業台を移動し、育苗箱5~7個を下部の積載扉に載せる。育苗箱の上にはネギ苗と培地が入ったY型トレイ6個程度載っている。次に作業台を作業者の左手に仮設し、積載扉から育苗箱を取り出し蓋の上に置き定植作業に移る。蓋上の育苗箱からトレイを一個ずつ取り出し、ベッド上の定植パネルに施した穴に並べていき、1枚4穴のパネル左右に置



写真4 定植兼収穫作業台 AB案 1/4モデル

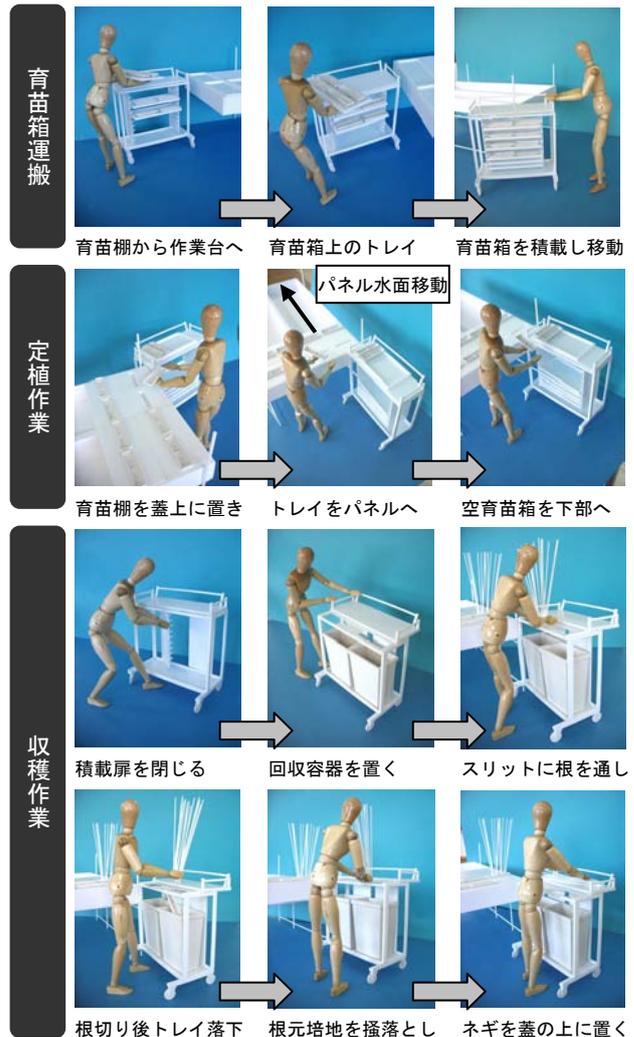


図5 1/4モデルによる作業シミュレーション

き終わると、定植パネルを水面移動させて、作業者手元に新たな定植パネルを置く。

収穫作業では、まず作業台の積載扉を開けて2つの回収容器を置き、上部の蓋を後方へスライドさせて根切り機構部を表出させる。次に根切りを行い、根、トレイ、培地、ネギの順に回収していく。このような作業シミュレーションにより、操作性や運動性の問題点を開発者間で視覚的に共有して検討することができた。

4. 定植兼収穫作業台の試作

本システムにおいて独自の作業台を開発する目的は以下のとおりである。

- 1) 慣行で7分間に899回の根切りを、トレイごとに根切り機構で切ることで1/5以下の回数にする。
- 2) 根をカットした後に、トレイとネギが1N以下の力で分離することで、根、トレイ、培地、ネギを作業負担が少なく、効率よく回収できるようにする。
- 3) 育苗箱運搬、定植、収穫を1台の作業台で行うことで作業スペースの効率化とコスト低減を図る。
- 4) 水耕定植パネルを移動・出入りさせることにより移動することなく一箇所で作業することで軽労化を図るべく、手元作業を補助する作業台を設置する。

定植兼収穫作業台試作機の概寸は幅 930mm、奥行き 580mm、高さ 960mm であり、最下部に4つのキャスターを備え、本体はスチール製で作業台天板およびスライド式の蓋がステンレス製である（写真5）。

スライド式の蓋は定植時には根切り機構の上部に移動して安全性を確保する他、定植時にトレイの載った育苗箱を置く補助台としての役割も果たす。内部にはネギの根を回収する容器と、トレイおよび培地を一緒に回収する容器を積載可能である。この回収容器を取り去ると、回転式の育苗箱積載扉が使用可能となり、定植作業での効率化が図れる。

根切り機構は図6(上)の平面図に示すように、台、スリット、カッター刃、トレイと培地を回収する開口部、培地掻き落とし櫛で構成される。

収穫作業におけるネギとトレイおよび根、培地の分別を図6(下)の正面からの手順図に沿って説明する。

まずネギが生育したトレイを両手で持ち、トレイ底か

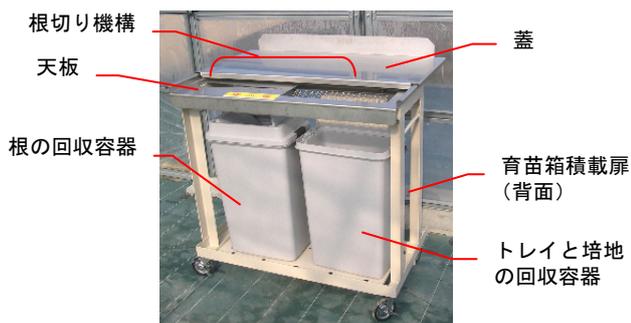


写真5 定植兼収穫作業台試作機

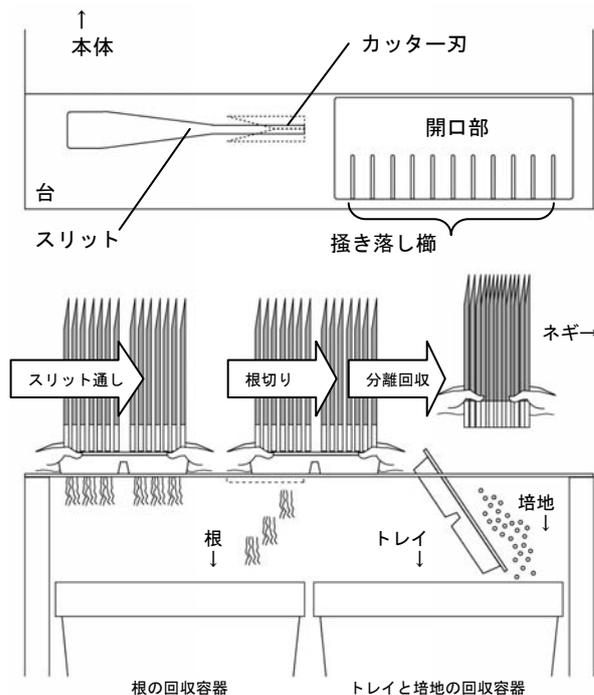


図6 根切り機構の平面図(上)と正面からの手順図(下)

ら伸びる根を大きく開いたスリットの入り口に通す。この状態でトレイ底を台に押し付けながら右方向へ移動することで、狭まるスリット内で根は横に逃げることなく圧縮されてカッター刃に向かい、切り落とされる。切り落とされた根は下部の回収容器へ落ちる。そのままネギが載ったトレイを右に移動しながら持ち手位置をネギの株元上に移すと、根がなくなったために分離しやすくなったトレイだけが、力をかけることなく回収容器へ落ちる。この時、トレイの中の培地も一緒に回収される。ネギは手に掴まれた状態にあり、このまま手前の掻き落とし櫛で根元に残った培地を落とし、根きり機構後部の蓋に置いていく。蓋の上にネギが溜まると、搬送用の稼働棚に運ぶ仕組みになっている。

この定植兼収穫作業台を使用した効果については、実際の作業面積に基づいた今後の現地試験で評価していくため目的における1), 3), 4)については未検証であるが、2)については、数10個体のネギを用いた試用にて意図した結果を確認している。

5. 結 言

- 1) RP の活用や引抜き試験から、ネギとトレイおよび培地の分別が可能なY型トレイを開発し、分別を容易とする機構を有する定植兼収穫作業台を試作した。
- 2) カード分析や1/4モデル検討から運動性のある水耕ネギ栽培システムを構築することができた。

謝 辞

本研究の推進にあたり御協力頂きました，共同研究を行う株式会社あべダンボールの阿部亨専務取締役，高知大学農学部の北野雅治教授に深く感謝の意を表します。また，作業分析・人間工学検証に助言を賜りました広島文教女子大学の宇土博氏，ラピッドプロトタイプの試作

に協力頂いた広島県立西部工業技術センター生産技術アカデミー研究員 河野洋輔氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 橋本晃司ほか5名:広島県立東部工業技術センター研究報告, 18: 29-33 (2005).